

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

T S1/5/1

1/5/1

DIALOG(R) File 347:JAPIO

(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04526861      \*\*Image available\*\*  
MICROMANIPULATOR

PUB. NO.:        06-170761 [JP 6170761 A]  
PUBLISHED:      June 21, 1994 (19940621)  
INVENTOR(s):    ARAI TATSUO  
APPLICANT(s):   AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL [000114] (A Japanese  
                 Government or Municipal Agency), JP (Japan)  
APPL. NO.:      03-305220 [JP 91305220]  
FILED:          October 24, 1991 (19911024)  
INTL CLASS:     [5] B25J-007/00; B25J-019/00  
JAPIO CLASS:    26.9 (TRANSPORTATION -- Other); 36.1 (LABOR SAVING DEVICES --  
                 Industrial Robots)  
JAPIO KEYWORD: R005 (PIEZOELECTRIC FERROELECTRIC SUBSTANCES)  
JOURNAL:        Section: M, Section No. 1676, Vol. 18, No. 502, Pg. 34,  
                 September 20, 1994 (19940920)

#### ABSTRACT

PURPOSE: To provide a microcomputer to perform micromanipulation of a minute object with high workability and has excellent controllability by means of two fingers effectively utilizing a hand module consisting of a parallel link mechanism.

CONSTITUTION: A micromanipulator comprises a pair of hand modules 1 having a six-degree of freedom parallel link mechanism. Each hand module 1 comprises a base member 2: an end effector 3 formed so that a finger piece 5 is attached on a base body 4; six links 6, through which the base member 2 is coupled to the base body; and springs 7. In the six links, the three links make one group, and a connection point between the base member 2 and the base body 4 is disposed in a manner to approximately equally divide the periphery around a central axis and two groups of the links 6 are disposed in an opposite direction to each other. A connection point between the adjoining links 6 forms a pivot coupling, and the base member 2 and the base body 4 are intercoupled through the spring 7. Each of the six links 6 is expandably formed of a piezoelectric element.

?

T S1/3/1

1/3/1

DIALOG(R) File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat  
(c) 2004 EPO. All rts. reserv.

11837655

Basic Patent (No,Kind,Date): JP 6170761 A2 940621 &lt;No. of Patents: 002&gt;

**MICROMANIPULATOR** (English)

Patent Assignee: AGENCY IND SCIENCE TECHN

Author (Inventor): ARAI TATSUO

IPC: \*B25J-007/00; B25J-019/00

JAPIO Reference No: \*180502M000034; 180502M000034

Language of Document: Japanese

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date	
JP 6170761	A2	940621	JP 91305220	A	911024	(BASIC)
JP 94104308	B4	941221	JP 91305220	A	911024	

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 91305220 A 911024

?

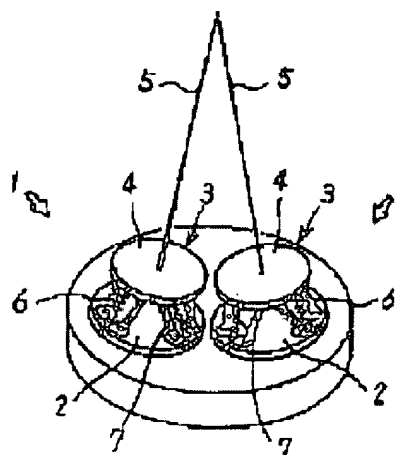
**MICROMANIPULATOR**

**Patent number:** JP6170761  
**Publication date:** 1994-06-21  
**Inventor:** ARAI TATSUO  
**Applicant:** AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL  
**Classification:**  
- **international:** B25J7/00; B25J19/00  
- **europaen:**  
**Application number:** JP19910305220 19911024  
**Priority number(s):**

**Abstract of JP6170761**

**PURPOSE:** To provide a microcomputer to perform micromanipulation of a minute object with high workability and has excellent controllability by means of two fingers effectively utilizing a hand module consisting of a parallel link mechanism.

**CONSTITUTION:** A micromanipulator comprises a pair of hand modules 1 having a six-degree of freedom parallel link mechanism. Each hand module 1 comprises a base member 2; an end effector 3 formed so that a finger piece 5 is attached on a base body 4; six links 6, through which the base member 2 is coupled to the base body 4; and springs 7. In the six links, the three links make one group, and a connection point between the base member 2 and the base body 4 is disposed in a manner to approximately equally divide the periphery around a central axis and two groups of the links 6 are disposed in an opposite direction to each other. A connection point between the adjoining links 6 forms a pivot coupling, and the base member 2 and the base body 4 are intercoupled through the spring 7. Each of the six links 6 is expandably formed of a piezoelectric element.



---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-170761

(43) 公開日 平成6年(1994)6月21日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

B 2 5 J 7/00  
19/00

識別記号

庁内整理番号

8611-3F

A 8611-3F

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 3 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平3-305220

(22) 出願日 平成3年(1991)10月24日

特許法第30条第1項適用申請有り 1991年7月17日～7月19日 社団法人計測自動制御学会主催の「第30回学術講演会」において文書をもって発表

(71) 出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72) 発明者 新井 健 生

茨城県つくば市並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

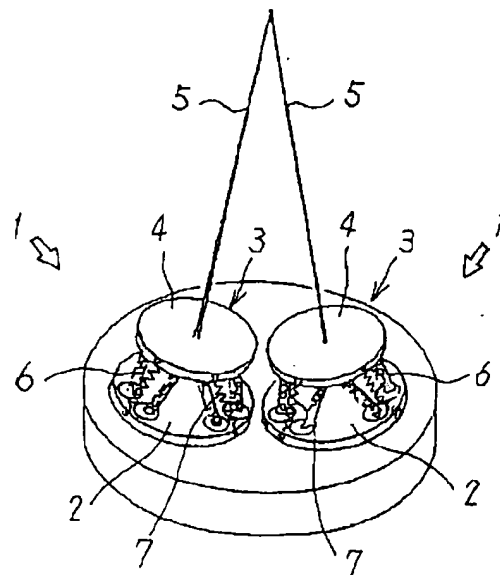
(74) 指定代理人 工業技術院機械技術研究所長

(54) 【発明の名称】 マイクロマニピュレータ

(57) 【要約】

【目的】 一対の6自由度パラレルリンク機構からなるハンドモジュールを有効に利用した2本指のハンドにより、微小対象物についてのマイクロマニピュレーションを作業性よく行うことができ、さらに制御性においてもすぐれたマイクロマニピュレータを得る。

【構成】 6自由度パラレルリンク機構を備えたハンドモジュール1の一対により構成される。各ハンドモジュール1は、ベース部材2と、基体4上手先片5を取付けてなるエンドエフェクタ3と、それらのベース部材と基体を連結する6本のリンク6及びスプリング7とにより構成される。上記6本のリンク6は、その3本づつをそれぞれ1群とし、ベース部材及び基体との接続点を、中心軸線の周りの円周上にほぼ等分に、且つ両群のリンクを反対方向に傾斜させて配設し、それらのリンクの接続点はピボット結合として、ベース部材と基体とをスプリング7により連結する。6本の各リンクは、それぞれピエゾ圧電素子により伸縮可能とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 6自由度パラレルリンク機構を備えたハンドモジュールの一对からなり、

上記各ハンドモジュールは、ベース部材と、基体上手先片を取付けてなるエンドエフェクタと、それらのベース部材と基体を連結する6本のリンク及びスプリングとにより構成し、

上記ベース部材と基体とを連結する6本のリンクは、その3本づつをそれぞれ1群として、各群のリンクのベース部材及び基体との接続点を、ベース部材及び基体の中心軸線の周りの円周上にほぼ等分に、且つ両群のリンクを反対方向に傾斜させて配設し、

それらのリンクのベース部材及び基体との接続点はピボット結合として、ベース部材と基体とは上記スプリングにより連結し、

6本のリンクをそれに設けたピエゾ圧電素子により伸縮可能とした、ことを特徴とするマイクロマニピュレータ。

【請求項2】 ベース部材とエンドエフェクタの基体において、それぞれ隣接する他群のリンクを、中心軸線の周りの円周上のほぼ同じ位置に連結するが、ベース部材と基体とでは、反対側に隣接するリンクをほぼ同じ位置に連結し、それによって、各リンクをベース部材と基体との間において中心角がほぼ $60^\circ$ の範囲内で傾斜させた、ことを特徴とする請求項1に記載のマイクロマニピュレータ。

【請求項3】 リンクに設けた各ピエゾ圧電素子の伸長方向側面に歪みゲージを貼設し、

これらの歪みゲージにおいて検出したピエゾ圧電素子の変位をフィードバックして、エンドエフェクタの位置と姿勢の指令値と比較し、サーボによる指令値に従った精密位置決め制御を行う制御手段、及びその制御手段の出力に基づいてピエゾ圧電素子を駆動するドライバを設けた、ことを特徴とする請求項1または請求項2のいずれかに記載のマイクロマニピュレータ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、精密位置決めを必要とする分野、特に、IC産業（ウエハの精密位置決め）、バイオエンジニアリング、医療（マイクロサージャリー）、衛星通信（アンテナの精密位置決め）などにおける利用に適したマイクロマニピュレータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 微小対象物を操作する技術、いわゆるマイクロマニピュレーションは、マイクロエレクトロニクス、バイオテクノロジー、医療などの様々の分野で必要とされている。しかるに、従来から知られている商用のマイクロマニピュレータは、3次元直交的に並進運動するような機構とグリッパーとを組合わせたものが主流で

あり、それらはマニピュレータとして作業性の悪いものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 このような現状に堪がみ、本発明者らは、微細な世界では慣性力の影響が小さく、逆に表面効果による外力の支配が大きくなることから、2本指によるハンドも十分安定なマニピュレーションが可能であるという観点に基づき、マニピュレータの各種駆動機構について比較検討してきたが、以下に詳述する一对の6自由度パラレルリンク機構からなる駆動機構が、作業性、制御性等において有効であることを確かめた。

【0004】 本発明は、かかる知見に基づくものであり、その技術的課題は、一对の6自由度パラレルリンク機構からなるハンドモジュールを有効に利用した2本指のハンドにより、細胞のような微小対象物のハンドリング等、そのマイクロマニピュレーションを作業性よく行うことができ、さらに制御性においてもすぐれたマイクロマニピュレータを得ることにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するための本発明のマイクロマニピュレータは、6自由度パラレルリンク機構を備えたハンドモジュールの一对からなり、上記各ハンドモジュールは、ベース部材と、基体上手先片を取付けてなるエンドエフェクタと、それらのベース部材と基体を連結する6本のリンク及びスプリングとにより構成し、上記ベース部材と基体とを連結する6本のリンクは、その3本づつをそれぞれ1群として、各群のリンクのベース部材及び基体との接続点を、ベース部材及び基体の中心軸線の周りの円周上にほぼ等分に、且つ両群のリンクを反対方向に傾斜させて配設し、それらのリンクのベース部材及び基体との接続点はピボット結合として、ベース部材と基体とは上記スプリングにより連結し、6本のリンクをそれに設けたピエゾ圧電素子により伸縮可能とすることにより構成される。

【0006】 上記マイクロマニピュレータは、ベース部材とエンドエフェクタの基体において、それぞれ隣接する他群のリンクを、中心軸線の周りの円周上のほぼ同じ位置に連結するが、ベース部材と基体とでは、反対側に隣接するリンクをほぼ同じ位置に連結し、それによって、各リンクをベース部材と基体との間において中心角がほぼ $60^\circ$ の範囲内で傾斜させることができる。

【0007】 また、上述したマイクロマニピュレータにおいては、リンクに設けた各ピエゾ圧電素子の伸長方向側面に歪みゲージを貼設し、これらの歪みゲージにおいて検出したピエゾ圧電素子の変位をフィードバックして、エンドエフェクタの位置と姿勢の指令値と比較し、サーボによる指令値に従った精密位置決め制御を行う制御手段、及びその制御手段の出力に基づいてピエゾ圧電素子を駆動するドライバを設けることができる。

## 【0008】

【作用】パラレルリンク機構における所要のリンクのピエゾ圧電素子を動作させて、そのリンクを伸縮させると、リンクの伸縮量に応じてエンドエフェクタが位置及び方向の6自由度を制御されてその姿勢を変えるため、マニピュレータの手先片に所期の動作を行わせることができ。しかも、上記二つの群のリンクのベース部材及びエンドエフェクタに対する接続点は、ピボット結合として、ベース部材と基体とをスプリングにより連結しているので、マイクロマニピュレータとしての小型化が容易である。

【0009】また、ベース部材とエンドエフェクタとの間に設けたリンクに、それを伸縮させるピエゾ圧電素子を設け、その圧電素子上の歪みゲージにより検出された変位をフィードバックして、エンドエフェクタの位置及び姿勢を制御するようにしているので、応答が速く、微小変位と高出力が得られるが、ヒステリシスが非常に大きいピエゾ圧電素子を用いながら、高精度な位置制御が可能になる。

## 【0010】

【実施例】図1は本発明に係るマイクロマニピュレータの全体的構成を示し、図2はそのマイクロマニピュレータを構成するハンドモジュール1の要部の構成を示すものである。このマイクロマニピュレータは、図1に示すように、一対のハンドモジュール1により2本指状に構成され、各ハンドモジュール1は、精密多自由度をコンパクトな機構で得るため、図2に示すような6自由度パラレルリンク機構を用いている。これらのハンドモジュール1は、ベース部材2と、基体4上に手先片5を取付けてなるエンドエフェクタ3と、上記ベース部材2と基

【0011】上記リンク6により構成される6自由度のパラレルリンク機構において、ベース部材2と、エンドエフェクタ3の基体4とを連結する6本のリンク6は、その3本づつをそれぞれ1群として、各群のリンク6のベース部材2及び基体4との接続点を、それぞれの中心軸線の周りの円周上にほぼ等分に、且つ両群のリンク6を反対方向に傾斜させて配設している。

【0012】さらに具体的には、上記ベース部材2及び基体4において、それぞれ隣接する他群のリンク6、6は、中心軸線の周りの円周上のほぼ同じ位置に連結しているが、ベース部材2と基体4とでは、反対側に隣接するリンク6、6をほぼ同じ位置に連結し、それによって、各リンク6をベース部材2と基体4との間において中心角がほぼ60°の範囲内で傾斜させ、上記一つの円周上にリンク連結点を等分に配置している。また、それらのリンク6のベース部材2及び基体4との接続点は、ピボット結合とし、即ち、各リンクの両端部のピボット8を、ベース部材2及び基体4に設けたピボット軸受9

により支承させ、それらの支承を安定させるために、ベース部材2と基体4とは上記スプリング7により連結している。

【0013】上記パラレルリンク機構によるマイクロマニピュレーションでは、多自由度の位置決めが必要であり、そのため、6本のリンク6のそれぞれは、それらに設けた積層型のピエゾ圧電素子10により伸縮可能に構成している。精密位置決めを行うために用いる上記積層型ピエゾ圧電素子10は、応答が速く、微小変位と高出力が得られるものの、ヒステリシスが非常に大きく、駆動電圧のみによるオープンループ制御では、正確な位置決めを行うことができない。そこで、変位量を測定したフィードバック制御が必要となるが、微小変位の測定のためにレーザー干渉系などを用いると装置が大がかりとなる。特に、多自由度の位置決めを行うためには、複数のピエゾ圧電素子10を駆動しなければならず、コンパクトな変位測定とサーボ駆動系が要求される。

【0014】このような駆動制御のためのエンドエフェクタの位置と姿勢の計測のために、圧電素子10の伸長方向の側面には歪みゲージ11を直接貼設している。これらの歪みゲージ11は、ピエゾ圧電素子10の微小な変位を測定し、これをフィードバックしてエンドエフェクタ3の位置と姿勢の指令値と比較するために機能するもので、その制御手段から、サーボによる指令値に従った精密位置決め制御を行うための出力が、ピエゾ圧電素子10を駆動するドライバに出力される。

【0015】上記各リンク6において用いるピエゾ圧電素子10は、その大きさが $2 \times 3 \times 10$ mm程度、最大変位が $8 \mu\text{m}$ 、最大駆動電圧が150V程度のものである。上記マニピュレータは、この圧電素子10を複数個備えるため、それぞれの圧電素子の変位を測定するためのセンサは、圧電素子近辺に設置できるようなコンパクトなものであることが必要であり、この点でも上記歪みゲージ11の貼設は有効なものである。このピエゾ圧電素子10を駆動するドライバは、計算機制御などを考慮して、10V程度の入力電圧で駆動できるように、高電圧演算増幅器を用いた非反転増幅器により構成するのが望ましい。

【0016】上記ピエゾ圧電素子10を駆動制御するサーボ系としては、計算機を用いたソフトウェアサーボや、演算増幅器を用いたアナログサーボ等を採用することができる。上記ソフトウェアサーボにおいては、計算機ソフトウェアの汎用性を利用することができ、特に多自由度のマニピュレータに適用する場合には、固定ゲインのPID制御では効果的な動作を得ることができないので、各ピエゾ圧電素子間の力学的干渉を考慮した適応制御などを行うことが可能である。

【0017】図3にソフトウェアサーボの構成例を示す。同図のシステムにおいて、ピエゾ圧電素子10の駆動は、D/Aコンバータの出力を高電圧演算増幅器を用

5

いた非反転増幅器により構成したドライバ15を介して行っている。サーボ演算は、歪みゲージ11からA/Dコンバータを介してフィードバックされる変位についての測定データに基づいて、制御手段を構成する計算機16上のソフトウェアにより行い、リンク変位の設定値との誤差を比例積分補償することによりサーボを行うようにしている。なお、上記ソフトウェアサーボによる実験においては、比較的単純な駆動制御系により、ハンドモジュール用のアクチュエータとして十分な精度と応答速度を得ている。また、アナログサーボの構成は、PID

【0018】このような構成を有するマイクロマニピュレータにおいては、所要のリンク6のピエゾ圧電素子10を駆動してそのリンク6を伸縮させると、各リンク6の伸縮量に応じてエンドエフェクタ3が位置及び方向の6自由度を制御されてその姿勢を変えるため、必要なリンク6の伸縮によりマニピュレータに所期の動作を行わせることができ、その作業性、制御性も良好である。しかも、上記二つの群のリンクのベース部材2及びエンドエフェクタ3に対する接続点は、ピボット結合として、ベース部材2と基体4とをスプリング7により連結しているの、マイクロマニピュレータとしての小型化が容易に達成できる。

【0019】また、ベース部材2とエンドエフェクタ3との間に設けたリンク6に、それを伸縮させるピエゾ圧電素子10を設け、その圧電素子上の歪みゲージ11により検出された変位をフィードバックして、エンドエフェクタ3の位置及び姿勢を制御するようにしているので、応答が速く、微小変位と高出力が得られるが、ヒステリシスが非常に大きいピエゾ圧電素子を用いながら、

6

高精度な位置制御が可能になり、しかもその構成が簡単で小型化を実現することができる。

【0020】上述したマイクロマニピュレータは、例えば、数十 $\mu\text{m}$ 程度の微小物体（例えば細胞等）を対象とし、2本指でそれを掴んで、並進、回転移動による位置決め、把持、押付け、切断、引き伸ばし、圧搾、穴開け、かき混ぜ、はね飛ばし等を行うために有効なものである。

【0021】

【発明の効果】以上に詳述した本発明のマニピュレータによれば、一對の6自由度パラレルリンク機構からなるハンドモジュールを有効に利用し、2本指のハンドにより微小対象物のハンドリング等、そのマイクロマニピュレーションを作業性よく行うことができ、さらに構成が簡単で制御性においてもすぐれたマイクロマニピュレータを容易に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るマイクロマニピュレータの基本的な全体構成を説明するための斜視図である。

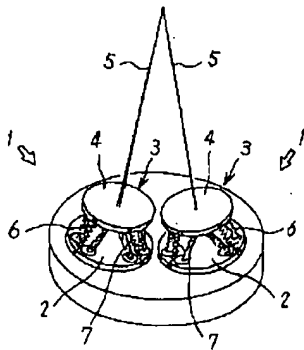
【図2】上記マイクロマニピュレータの要部の構成例を示す部分斜視図である。

【図3】上記マイクロマニピュレータの制御系のブロック構成図である。

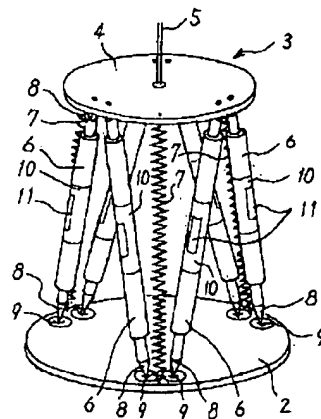
【符号の説明】

1	ハンドモジュール、	2	ベース部材、
3	エンドエフェクタ、	4	基体、
5	手先片、	6	リンク、
	スプリング、	7	
	ピボット軸受、	8	ピボット、
		9	
10	ピエゾ圧電素子、	11	歪みゲージ、
15	ドライバ。		

【図1】



【図2】





【図3】

